ESTUDIO SOBRE LA EDAD, CRECIMIENTO Y MORTALIDAD NATURAL DE LA SARDINA "BOCONA" *Cetengraulis mysticetus* (GUNTHER, 1866) DE LAS POBLACIONES LOCALIZADAS EN LAS AGUAS DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA. *(Pisces: Engraulidae)**

Manuel Gallardo Cabello*
Alfredo Laguarda Figueras*
Jaime Sánchez Rivera**

RESUMEN

En esta investigación se determinaron los grupos de edad y las constantes de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy de la sardina "bocona" *Cetengraulis mysticetus*, de poblaciones que fueron localizadas en las aguas del sur del Golfo de California. Igualmente se dan a conocer datos sobre el crecimiento ponderal, por sexos, longevidad y mortalidad natural. La población estudiada se encuentra formada por seis grupos de edad. El crecimiento se determinó de acuerdo con los parámetros correspondientes, cuyos valores son los siguientes: $L\infty = 181.18$ mm.; $W\infty = 84.51$ gr.; $k = 0.3502$; $t_0 = -2.203$; $A(0.95) = 10.7$ años; $M = 0.28$.

ABSTRACT

This paper deals data with age groups and parameters from von Bertalanffy's growth equation for *Cetengraulis mysticetus* whose population were located in the south of the Gulf of California. In the same way, differences in growth between sexes, weight growth, longevity and natural mortality were founded. Six age groups were detected. Growth parameters were: $L\infty = 181.18$ mm.; $W\infty = 84.51$ gr.; $k = 0.3502$; $t_0 = -2.203$; $A(0.95) = 10.7$ years; $M = 0.28$.

INTRODUCCION

En el desarrollo del presente estudio se utilizaron diversas metodologías para determinar las constantes del crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, empleando los datos correspondientes a la relación edad-longitud de los ejemplares de la sardina "bocona" *Cetengraulis mysticetus*, que fueron capturados en las aguas del sur del Golfo de California. La metodología utilizada para evaluar los parámetros del crecimiento, fue cuidadosamente seleccionada y desarrollada con los siguientes fines: emplear eficazmente las diversas metodologías que los autores utilizan para este tipo de estudios; desarrollar las ecuaciones más adecuadas para conocer con el mayor vigor posible el crecimiento de las poblaciones en estudio; contribuir al conocimiento del crecimiento ponderal, por sexos, edad límite o longevidad y mortalidad natural de la población estudiada.

MATERIAL Y METODOS

Para el análisis de la población en estudio se obtuvieron 2130 ejemplares de *Cetengraulis mysticetus* que fueron capturados en las aguas del sur del Golfo de California desde la costa de Guaymas hasta la de Isla de San Ignacio. Para tal propósito se realizaron capturas comerciales en cada uno de los meses comprendidos en el período noviembre de 1985 a abril de 1986. Las muestras fueron colectadas por los barcos: "Concepción", "Libertador del Sur", "Sauzal" y "Tortugas" de la Compañía Pesquera Zapata. Posteriormente, de cada una de las capturas se separó, al azar, un kilogramo de peso en cada uno de los barcos. De cada lote de los peces colectados se anotaron en las hojas de muestreo los siguientes datos: nombre del barco, área y fecha de captura, volumen de captura, número de muestra y peso total de la misma. Se registró la longitud estándar, el peso entero y el sexo

* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.
** Pesquera Zapata, S.A. de C.V.

de cada uno de los ejemplares obtenidos. Una vez hecho lo anterior, se obtuvieron seis escamas de cada uno de los ejemplares; se montaron las preparaciones correspondientes a dichas escamas y se hizo un cuidadoso análisis de los anillos de crecimiento de cada una de ellas. Lo anterior, permitió establecer los grupos de edad.

El análisis del crecimiento se realizó mediante el empleo de la ecuación de Brody (1927) y von Bertalanffy (1938). Los parámetros de dicha ecuación se obtuvieron aplicando los métodos de Ford (1933) y Walford (1949), Gulland (1964), Tomlinson y Abramson (1961), Allen (1966) y Beverton (1954). La edad límite o longevidad y la mortalidad natural fueron obtenidos mediante la aplicación de la ecuación de Taylor (1958a, 1958b, 1959, 1960, 1962).

RESULTADOS Y DISCUSION

Expresiones Matemáticas del Crecimiento (Ecuación de Brody-von Bertalanffy)

Método de Ford–Walford

Mediante los datos de la lectura de escamas, se obtienen las siguientes longitudes de l_t y $l_{t=1}$:

l_t (mm.)	$l_{t=1}$ (mm.)
122.2	139.6
139.6	152.1
152.1	160.2
160.2	166.6
166.6	171.0

La recta de regresión encontrada para todos los puntos mediante el método de los mínimos cuadrados, es la siguiente:

$$L_{t+1} = 0.349\ L_t + 53.41$$

Los valores hallados por este método para los coeficientes k y $L\infty$ son los siguientes:

$k = 0.349$
$L\infty = 181.29$ mm.

Método de Gulland

Se empleó este método para calcular los valores de t_o, obteniéndose el resultado siguiente:

$$t_o = -2.189$$

Método de Tomlinson y Abramson

El valor de Z, obtenido a partir de las tablas de polinomiales, para $J6j(Z)$ es el siguiente:

$$Z = 0.7053$$

La tabla 1 muestra el método empleado:

Aplicando $Y = \frac{1}{q} \log e^{z-1}$

se tiene el valor de $k = 0.3491$

Aplicando las ecuaciones:

$$\sum_j \bar{l}j = P L\infty - B \sum_j z^{mj}$$

$$\sum_j l j Z^{mj} = L\infty \sum_j Z^{mj} - B \sum Z^{2mj}$$

Se obtienen los valores ΣZ^{mj}, ΣZ^{2mj}, Σlj y ΣljZ^{mj} que se presentan en la tabla 2.

Empleando las siguientes ecuaciones:

$$D = (\sum_j Z^{mj})^2 - P \sum_j Z^{2mj}$$

$$L\infty = \frac{1}{D}(\sum_j l j Z^{mj} \sum_j Z^{mj} - \sum_j l j \sum_j Z^{2mj})$$

$$B = \frac{1}{D}(P \sum_j l j Z^{mj} - \sum_j l j \sum_j Z^{mj})$$

Se obtiene el valor de $L\infty = 181.18$ mm.
Aplicando la ecuación:

$$t_o = \frac{1}{K} \log e \frac{B}{L\infty}$$

Se obtiene:

$$t_o = -2.216$$

Método de Allen

Con el método de Tomlinson y Abramson se estimó el valor de trabajo del índice k.
Aplicando las ecuaciones:

TABLA 1. CALCULO DE $\sum_{j=1}^{6} 1_j J6_j(z)$ DEL METODO DE TOMLINSON Y ABRAMSON

Z	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	Σ
0.70	4144.17	−3669.4	−5419.5	−3078.56	1389.61	6648.31	14.663
0.71	4388.20	−3752.03	−5693.56	−3327.67	1367.62	7004.50	−12.930

TABLA 2. RESOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES DEL METODO DE TOMLINSON Y ABRAMSON

mj	z^{mj}	z^{2mj}	1_j	$1_j z^{mj}$
1	0.7053	0.4974	122.2	86.19
2	0.4974	0.2474	139.6	69.44
3	0.3508	0.1231	152.1	53.36
4	0.2474	0.0612	160.2	39.64
5	0.1745	0.0304	166.6	29.07
6	0.1231	0.0151	171.0	21.05
Σ	2.0985	0.9746	911.7	298.75

$$\alpha = QS = PR$$

$$Dk(\alpha) = QU + RS - PT$$

$$- \frac{\alpha}{Dk(\alpha)}$$

Se obtuvo como nuevo valor del índice k: 0.3489.

A partir de las ecuaciones:

$$L\infty = \frac{M}{Q}$$

$$t_o = \frac{\log e(-P) - \log e(M)}{k}$$

Se obtuvieron los siguientes valores: $L\infty$ = 181.24 mm. y t_o = −2.214.

Método de Beverton

Utilizando los valores de $L\infty$ obtenidos por los métodos de Ford-Walford, Tomlinson-Abramson y Allen, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\log_e (L\infty - l_t) = \log_e L\infty + kt_o - K_t$$

obteniéndose los siguientes resultados:

Valor de $L\infty$ *(mm.)*	*Valores obtenidos por el método de Beverton*	
	k	t_o
181.29	0.3484	−2.239
181.18	0.3502	−2.203
181.24	0.3492	−2.210

Selección y valoración de los coeficientes de crecimiento

De acuerdo con las estimaciones para cada parámetro, mediante métodos propuestos por diversos autores, se han desarrollado las curvas de crecimiento de *Cetengraulis mysticetus*, obteniéndose los valores de las tallas para cada edad, con respecto a los valores observados.

En la tabla 3 aparecen los valores calculados y la suma de los cuadrados de las diferencias.

Los parámetros $L\infty$ y k obtenidos por el método de Ford-Walford, presentaron diferencias significativas al compararse con los calculados mediante la técnica de Tomlinson y Abramson,

TABLA 3. VALORES DE LOS COEFICIENTES DEL CRECIMIENTO OBTENIDOS POR DIVERSOS METODOS

Método Aplicado	L_∞ *(mm.)*	k	t_0	SD^2
Walford-Gulland	181.29	0.3490	–2.189	0.6434
Beverton	181.29	0.3484	–2.239	0.5119
Tomlinson-Abramson	181.18	0.3491	–2.2160	0.0004
Beverton	181.18	0.3502	–2.203	0.1640
Allen	181.24	0.3489	–2.214	0.1704
Beverton	181.24	0.3492	–2.210	0.1934

así como el método de Allen. Es decir, el primero no proporcionó tan buen ajuste de los datos comparado con los otros dos. Lo anterior puede deberse a que el valor t_o, obtenido por el método de Gulland podría tener relación con un error de muestreo debido a que algunos grupos de edad están mejor representados que otros.

El método de Tomlinson-Abramson ofrece mejores valores de t_o que el de Gulland, por ser una técnica más elaborada que permite ajustar los errores entre los datos observados y la curva calculada.

La aplicación de la ecuación de Beverton mejoró el método de Ford-Walford proporcionando un mayor ajuste, pero no logró un mayor ajuste al aplicarse a los métodos de los otros autores.

Ecuación de crecimiento de *Cetengraulis mysticetus*

La curva que se ajusta mejor a los valores observados corresponde a los coeficientes $L \infty = 181.1$ mm, $k = 0.3491$ y $t_o = -2.2160$.

La ecuación de Brody-Bertalanffy para la sardina bocona, adoptará la siguiente forma:

$$l_t = 181.18 \left[1\text{-}e^{-0.3491\,(t + 2.216)} \right]$$

Los valores de las constantes de esta ecuación fueron calculados por el método de Tomlinson-Abramson.

Mediante esta ecuación se ha calculado la longitud teórica de esta población para los diferentes grupos de edad (Tabla 4).

La figura 1 muestra la curva teórica de la sardina "bocona" que corresponde a las edades de 1 a 6 años.

Durante el primer año, el crecimiento de esta población es muy rápido, alcanzando los 122.20 mm. de longitud.

A partir del primer año de vida disminuye el incremento del crecimiento. Así, la longitud es de 17.39 mm. entre el primer y segundo año; de 12.26 mm. entre el segundo y tercero; de 8.65 mm. entre el tercero y el cuarto; de 6.08 mm. entre el cuarto y el quinto y de 4.3 mm. entre el quinto y sexto año (Fig. 2).

Crecimiento según el sexo

Crecimiento en los machos de *Cetengraulis mysticetus*

La lectura de las escamas permitió obtener los valores $L \infty$, k y t_o aplicando la técnica de Tomlinson y Abramson. De esta manera se puede proponer la ecuación del crecimiento en longitud de los machos de esta especie en la forma siguiente:

$$l_t = 177.74 \left[1 - e^{-0.3602\,(t + 2.118)} \right]$$

En la tabla 5 se presentan las longitudes teóricas a diferentes edades.

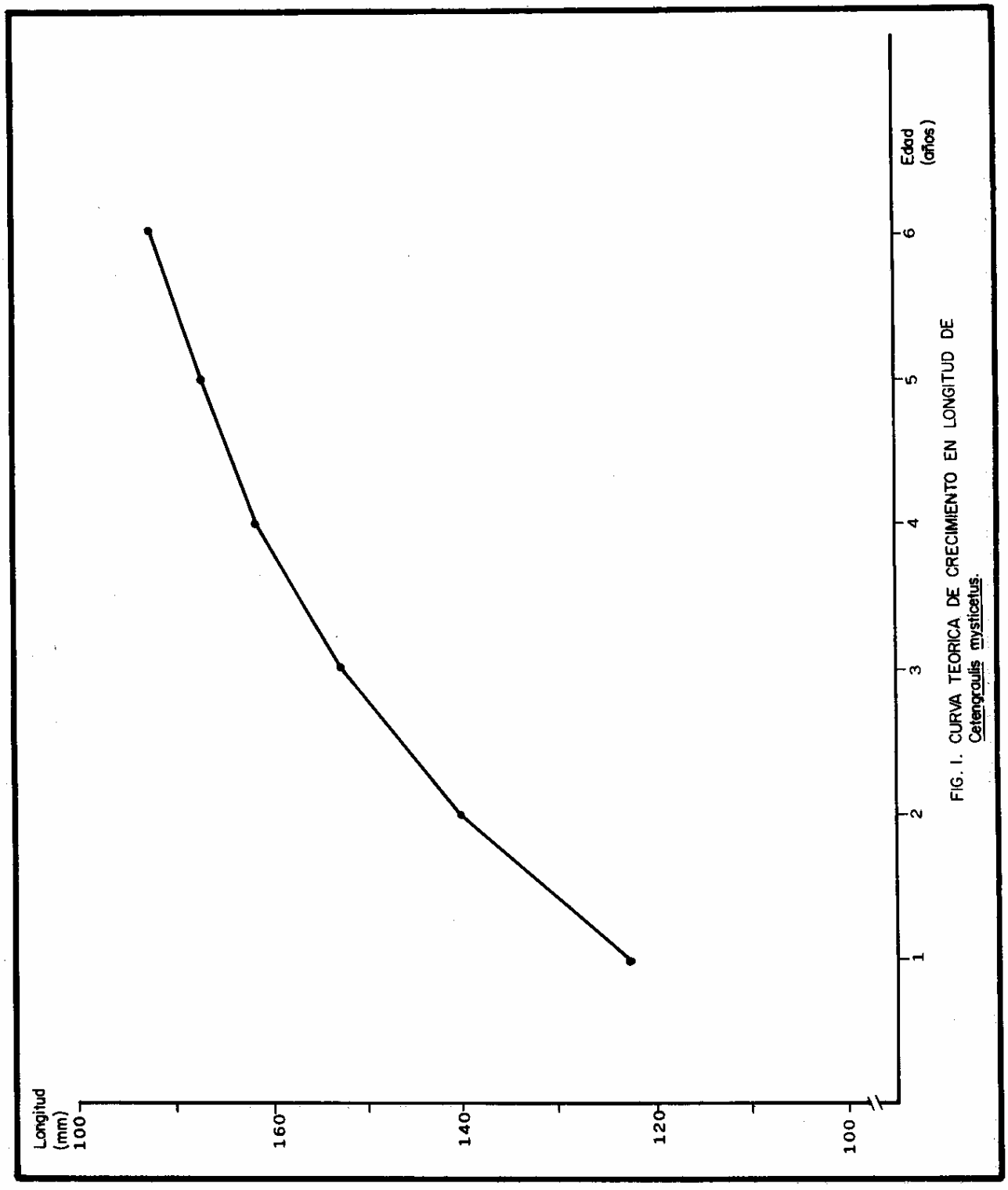

FIG. I. CURVA TEORICA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD DE *Cetengraulis mysticetus*.

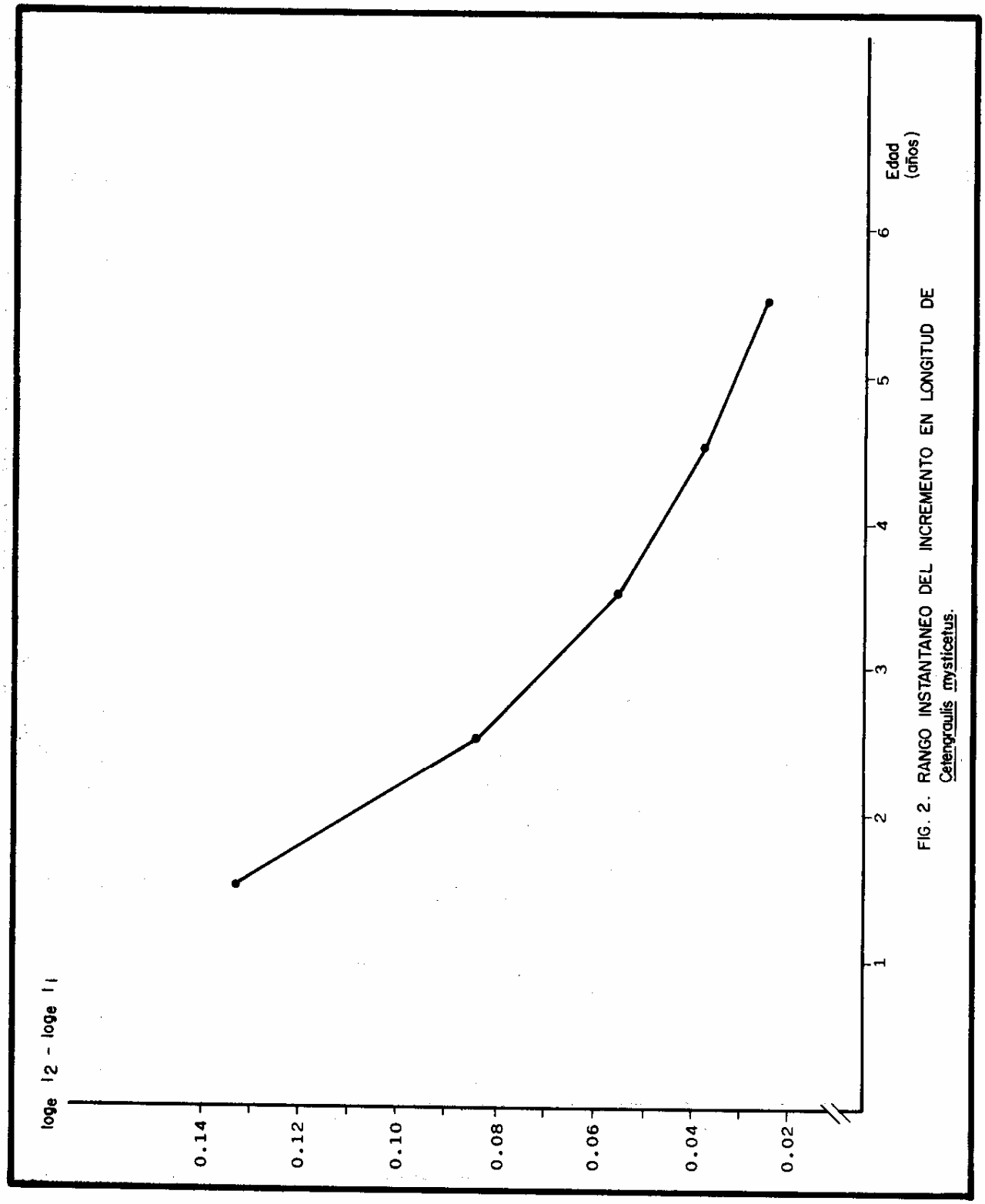

FIG. 2. RANGO INSTANTANEO DEL INCREMENTO EN LONGITUD DE *Cetengraulis mysticetus*.

TABLA 4. LONGITUDES TEORICAS DE LA SARDINA "BOCONA" *Cetengraulis mysticetus* **A DIFERENTES EDADES**

Edad (años)	*Valores Observados (mm.)*	*Valores Calculados (mm.)*
1	122.2	122.20
2	139.6	139.60
3	152.1	151.88
4	160.2	160.50
5	166.6	166.58
6	171.0	170.93

TABLA 5. LONGITUDES TEORICAS PARA LOS MACHOS DE LA SARDINA "BOCONA" *Cetengraulis mysticetus* **A DIFERENTES EDADES**

Edad (años)	*Valores Observados (mm.)*	*Valores Calculados (mm.)*
1	120.0	119.96
2	137.2	137.44
3	150.1	149.64
4	157.7	158.15
5	164.2	164.07
6	168.2	168.21

TABLA 6. LONGITUDES TEORICAS PARA LAS HEMBRAS DE LA SARDINA "BOCONA" *Cetengraulis mysticetus* **A DIFERENTES EDADES**

Edad (años)	*Valores Observados (mm)*	*Valores Calculados (mm)*
1	124.4	129.87
2	142.3	144.63
3	155.5	155.10
4	163.5	162.45
5	170.4	167.70
6	175.0	171.39

Crecimiento en las hembras de *Cetengraulis mysticetus*

La curva que más se ajusta a los valores observados corresponde a los coeficientes obtenidos por el método de Tomlinson y Abramson. La ecuación de Brody-Bertalanffy presentará en el caso de las hembras, la siguiente forma:

$$l_t = 180.33 \left[1 - e^{-0.3461\,(t\ +\ 2.68)}\right]$$

En la tabla 6 se muestran las longitudes teóricas a diferentes edades.

Diferencias de crecimiento entre sexos

Con respecto al crecimiento entre sexos, se observa que el valor de k es más elevado en los machos que en las hembras, alcanzando los primeros más rápidamente la talla cercana a $L\,\infty$.

La Figura 3 muestra las curvas teóricas de crecimiento en longitud para machos y hembras.

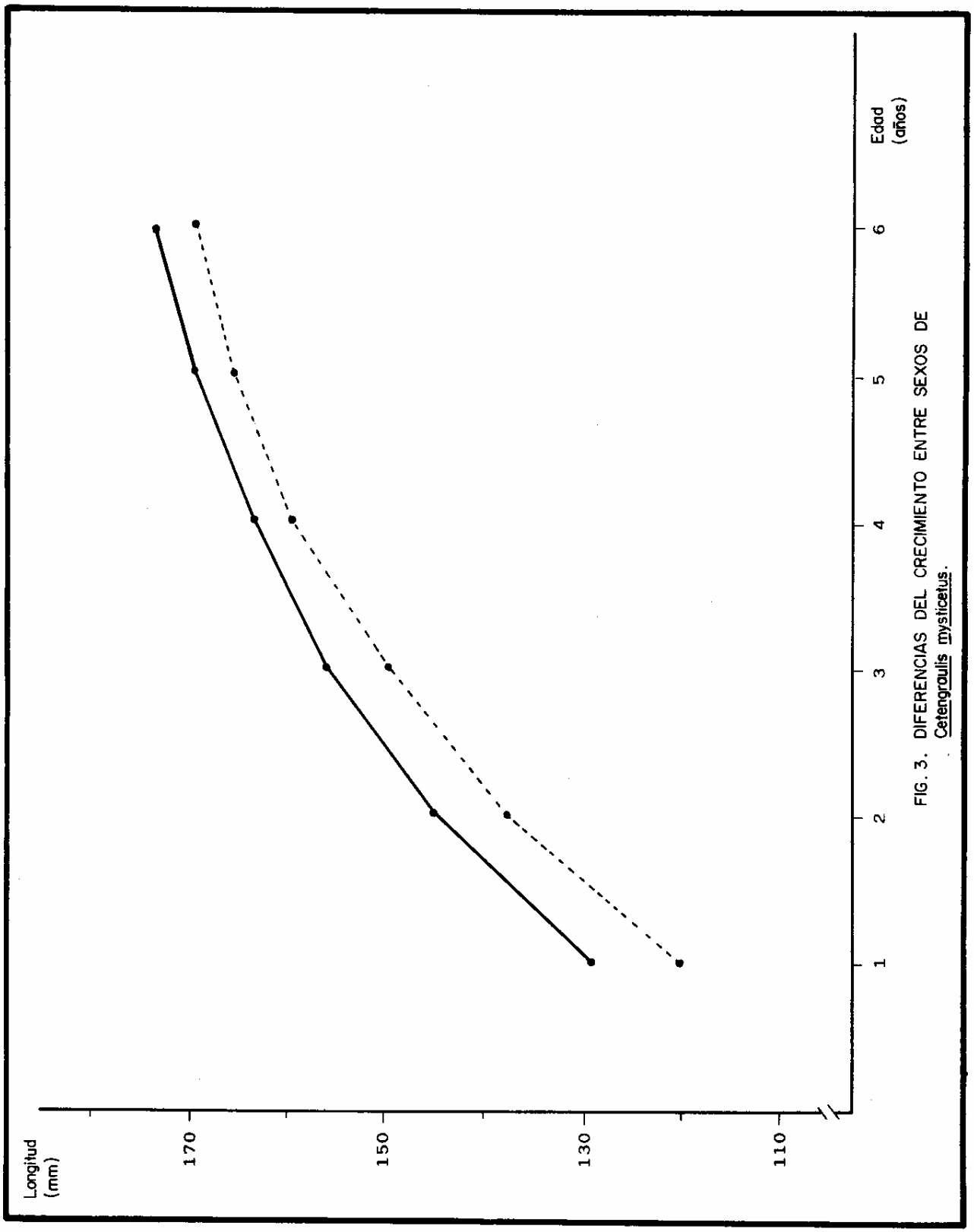

FIG. 3. DIFERENCIAS DEL CRECIMIENTO ENTRE SEXOS DE Cetengraulis mysticetus.

Las diferencias del crecimiento entre sexos aparecen a partir del primer año de edad, en el cual las hembras alcanzan una talla promedio de 129.87 mm. y los machos de 119.93.mm.

Es muy probable que las diferencias de crecimiento entre ambos sexos estén relacionadas con la edad en que madura uno u otro sexo. Es posible que los machos maduren a una edad más temprana que las hembras, por lo que deben emplear una mayor cantidad de energía para generar los productos sexuales, mientras que las hembras de la misma edad, utilizarán su energía para el crecimiento.

Crecimiento en Peso

Relación talla-peso

La línea de regresión entre la longitud y el peso, está dada por la siguiente ecuación:

$$W = 0.0000402\ X^{2.80}$$

En la tabla 7 se presenta la relación entre el peso y la longitud.

La Figura 4 muestra la recta de regresión que relaciona el logaritmo del peso con el de la longitud.

Peso a cada edad

Mediante la relación entre la talla y el peso se obtienen los pesos a cada edad, a partir de los datos de crecimiento en longitud (Fig. 5).

La Tabla 8 muestra el crecimiento en peso absoluto y los valores del peso relativo.

TABLA 7. RELACION PESO-LONGITUD

Clases de Tallas (mm.)	*Peso Entero (gr.)*
120	26.66
125	29.89
130	33.36
135	37.08
140	41.06
145	45.29
150	49.80
155	54.60
160	59.67
165	65.04
170	70.71
175	76.69

Crecimiento Teórico en Peso

La ecuación del crecimiento teórico en peso, es la siguiente:

$$W_t = 84.51\ \left[1\text{-}e^{-0.3502\ (t\ +\ 2.203)}\right]^{2.80}$$

Empleando esta ecuación se calcularon los pesos teóricos a diferentes edades que aparecen en la Tabla 8.

Edad límite o longevidad

El valor de la longevidad determinada para la sardina bocona *Cetengraulis mysticetus* es de 10.7 años. Los valores de la edad límite hallados para las hembras y los machos son de 11.34 años y 10.4 años, respectivamente.

TABLA 8. CRECIMIENTO EN PESO ABSOLUTO Y RELATIVO DE LA SARDINA "BOCONA"
Cetengraulis mysticetus

Edad (años)	*Longitud (mm.)*	*Peso Absoluto (gr.)*	*Peso Relativo (gr.)*
1	122.16	28.03	
2	139.60	40.73	0.3737
3	151.88	51.57	0.2359
4	160.54	60.24	0.1553
5	166.63	66.86	0.1043
6	170.93	71.80	0.0712

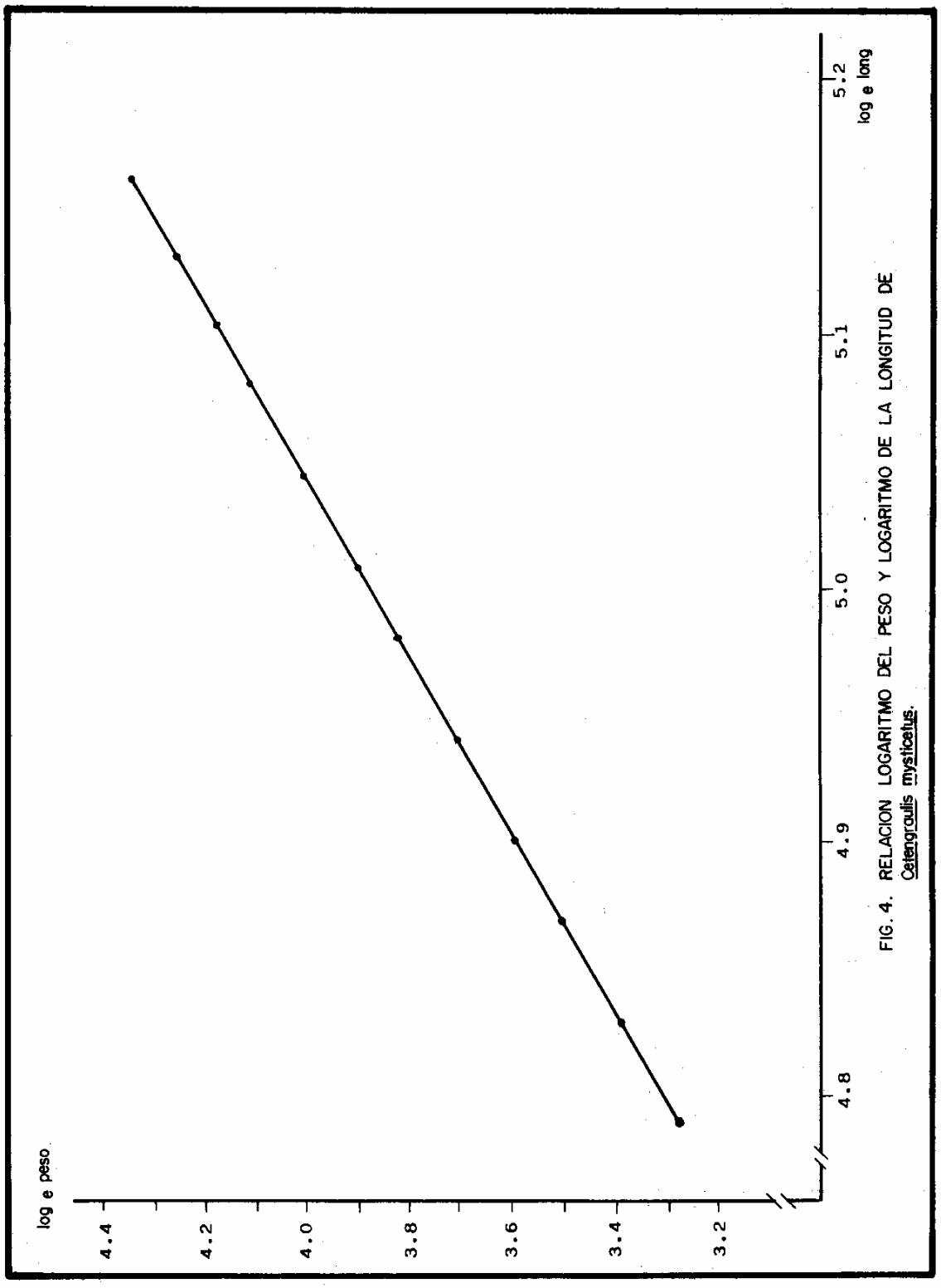

FIG. 4. RELACION LOGARITMO DEL PESO Y LOGARITMO DE LA LONGITUD DE Cetengraulis mysticetus.

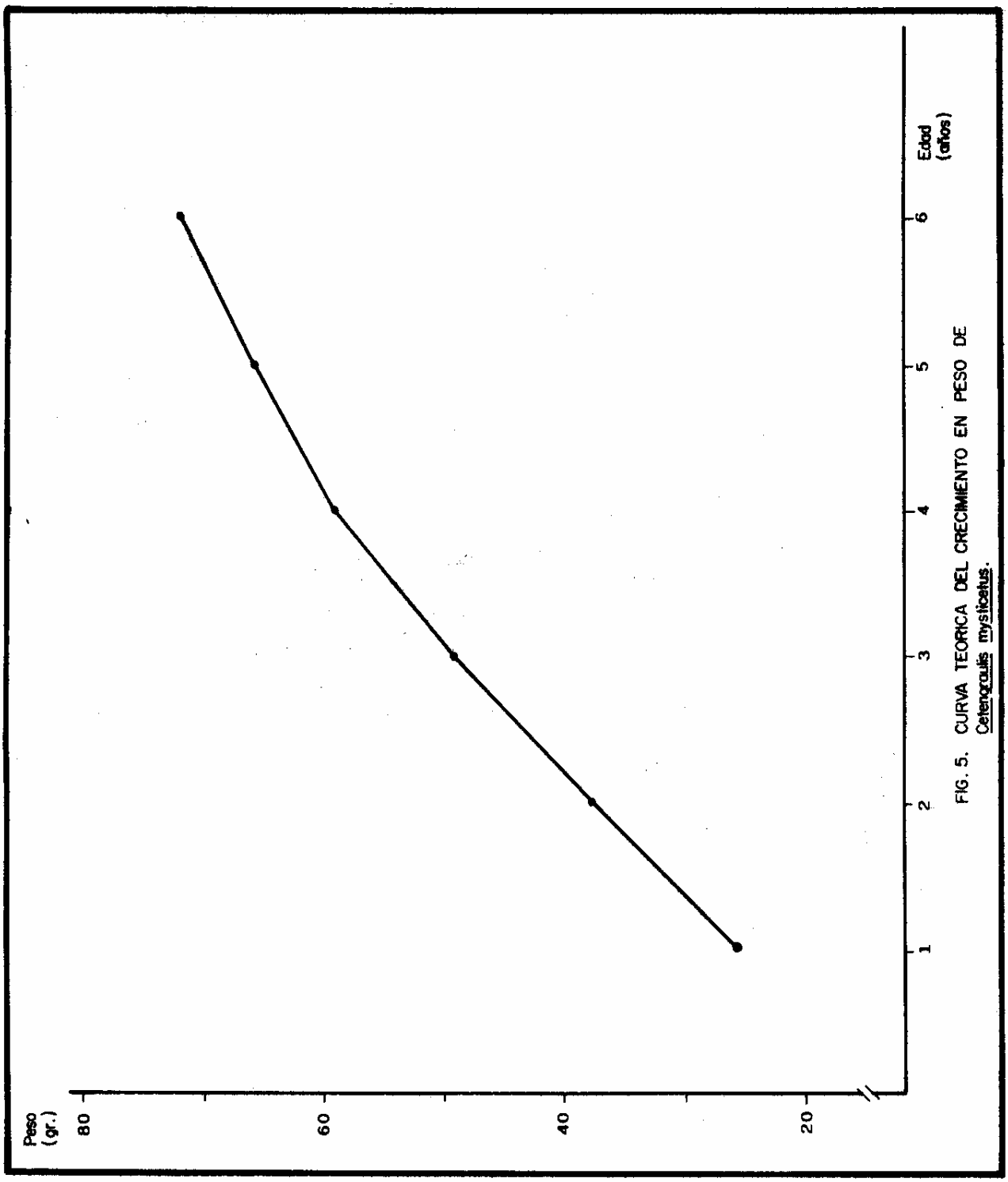

FIG. 5. CURVA TEORICA DEL CRECIMIENTO EN PESO DE *Cetengraulis mysticetus*.

Mortalidad natural

La tasa de mortalidad natural (M) obtenida para *Cetengraulis mysticetus* es de 0.28.

Los valores de M calculados para las hembras y los machos son de 0.29 y 0.26, respectivamente. De acuerdo con lo anterior, se observa que los machos presentan una tasa de crecimiento mayor que las hembras, por lo que alcanzan más rápidamente un valor cercano a la edad promedio de muerte y, por lo tanto, una mayor tasa de mortalidad natural.

CONCLUSIONES

El análisis de los anillos de crecimiento de la sardina "bocona" *Cetengraulis mysticetus* permitió la identificación de seis grupos de edad.

La curva teórica del crecimiento que más se asemeja a los valores observados por medio de la lectura de las escamas, es la obtenida por medio de la aplicación del método de Tomlinson y Abramson (1961).

Los parámetros del crecimiento de *Cetengraulis mysticetus*, son:

Talla máxima $L\infty = 181.18$ mm.
Peso entero máximo $W\infty = 84.51$ gr.
Coeficiente catabólico $k = 0.3491$
Edad teórica a la longitud cero (t_o) = −2.2160
Edad límite o longevidad A (0.95) = 10.7 años.
Mortalidad natural (M) = 0.28

El período de mayor crecimiento lineal de esta especie se presenta durante el primer año de vida, a partir de esta edad, la velocidad de crecimiento disminuye notablemente.

El crecimiento de los machos, a partir del primer año de vida es menor que el de las hembras de esa misma edad, diferencia que se incrementa en relación directa con la edad.

Los parámetros por sexos son los siguientes:

Machos		*Hembras*	
$L\infty$	= 177.74 mm.	$L\infty$	= 180.33 mm.
k	= 0.3602	k	= 0.3461
t_o	= −2.118	t_o	= −2.680
A(0.95)	= 10.4 años	A(0.95)	= 11.34 años
M	= 0.29	M	= 0.26

El valor de k es mucho mayor en los machos que en las hembras, por lo que éstos alcanzarán más rápido una talla cercana a $L\infty$, presentan una menor longevidad y, por lo tanto, una mayor mortalidad natural.

La relación peso-longitud es:

$$W = 0.0000402\, X^{2.80}$$

LITERATURA CITADA

ALLEN, K. R., 1966. A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data. J. Fish. Res. Bd. Canadá, 23 (3): 163-277.

BEVERTON, R. J. H., 1954. Notes on the use of theorical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U.S. Fish and Wildl. Serv. Fish. Lab., Beaufort, Misc. Contrib., 2: 1-181.

BRODY, S., 1927. Growth rates. Univ. Missouri Agric. Exp. Sta. Bull., 97: 101-215.

FORD, E., 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933 J. Mar. Biol. Ass. UK, NS, 19: 305-384.

GULLAND, J. A., 1964. Manual of methods of fish population analysis. FAO Fish. Tech. Pap., 40: 1-60.

TAYLOR, C.C. 1958a. A note on Lee's phenomenon in Georges Bank Handdock. Spe. Publ., ICNAF, 1: 243-251.

TAYLOR, C.C. 1958b. Cod growth and temperature. J. Conseil, 23 (3): 366-370.

TAYLOR, C.C. 1959. Temperature and growth – The Pacific razor clam. J. Conseil., 25 (1): 93-101.

____. 1960. Temperature, growth and mortality – The Pacific cockle J. Conseil, 26 (1): 177-124.

____. 1962. Growth equations with metabolic parameters J. Conseil, 27 (3): 270-286.

TOMLINSON, P. K., y N. J. Abramson, 1961. Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. Fish Bull, Calif. (116): 3-69.

VON BERTALANFFY, L., 1938. A quantitative theory of organic growth. Human Biology, 10 (2): 181-213.

WALFORD, L. A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull., 90 (2): 141-147.